

В. Г. КОТУХ, канд. техн. наук, С. Н. ВАСИЛЬЕВ, В. И. РАДЧЕНКО, О. Н. МАРКОВИЧ  
**ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ МИКРОБЛОКОВ  
 СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ  
 ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ**

### Введение

Конструктивный принцип построения данного типа микроблоков основан на использовании моноблока, в котором реализуются сложные, функционально законченные и элементные устройства радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). При этом высокая эксплуатационная надежность достигается при условии их герметизации и устойчивости к механическим воздействиям за счет упрочнения несущей конструкции при приемлемом коэффициенте деформации их внутреннего объема. Оптимальная конструкция обеспечивает хорошую адаптацию к посадочным местам, реализацию нормального теплового режима, удовлетворительные и улучшенные массогабаритные характеристики. При этом ремонтпригодность сочетается с оптимальным конструктивным решением. Наиболее эффективно реализуются электрические схемы с повышенными требованиями по электромагнитной совместимости электрорадиоэлементов (ЭРЭ). Также широко используется широкая номенклатура ЭРЭ, устанавливаемых на микроблоках, изготовленных по тонко- и толсто пленочной технологии. При этом базовой является толсто пленочная технология, что обеспечивает простоту конструкции и переналадку технологического оборудования при изготовлении микроблоков специального назначения для изделий РЭА.

К такому типу микроблоков, которые реализуют особые, специфические функции изделий РЭА, относят микроблоки повышенной мощности, микроблоки, конструктивно объединенные с исполнительными устройствами, а также микроблоки РЭА для жестких условий эксплуатации [1].

### Микроблоки повышенной мощности

Реализация малогабаритного микроблока повышенной мощности возможна различными конструктивными способами. Конструкция такого микроблока с непосредственным объединением микроплат приведена на рис. 1.

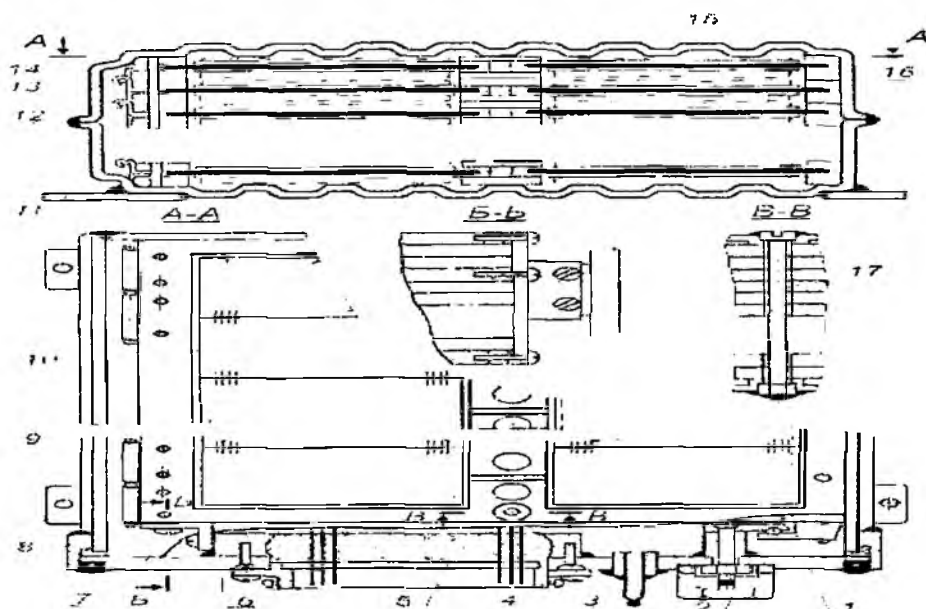


Рис. 1

Корпус микроблока состоит из двух штампованных П-образных половин 12 с приваренными выступами 11 под крепление конструкции в изделии. Верхняя и нижняя поверхности

корпуса выполнены гофрированными и являются одновременно ребрами жесткости и конструктивными радиаторами. Задняя стенка крепится к корпусу сваркой. Коммутационные 9 и рабочих 10 микроплаты ячеек 16 собираются в пакет с помощью последовательно сочленяемых иетель 13, однако, в отличие от рассмотренной выше конструкции, оси разворота ячеек перпендикулярны плоскости передней панели. Ячейки выполнены из фрезерованных по турамok 15, скрепленных штифтами 14 по боковым рейкам. Боковые рейки соседних собранных ячеек в рабочем положении соприкасаются друг с другом: весь пакет устанавливается в корпусе по направляющим: углам и угловым выступам корпуса. Ячейки в сборке скрепляются в пакет скобой 7. Для предотвращения перемещения пакета ячеек вдоль направляющих и для поджима передней панели пакет фиксируется осью 17, пропущенной через сквозное отверстие в пакете и верхней крышке корпуса. Нижний конец оси фиксируется в гнезде, впаянном в центральный желоб нижней крышки корпуса. Головка оси оплавляется по контуру на верхней крышке корпуса. Герметичный замок 2 фиксирует и затягивает переднюю панель 1. Обойма 8, гнездо 6, компаунд 5, герметизированный разъем 4, штенгель 3 идентичны используемым в базовых конструкциях. После выполнения сборочных операций производится герметизация микроблока, при ремонте все операции повторяют в обратном порядке [2].

Конструктивное решение микроблоков повышенной мощности предполагает более дифференцированный подход, поскольку резко возрастает удельная мощность рассеяния при повышенной плотности компоновки ЭРЭ. Поэтому конструкции таких микроблоков определяются совокупностью используемых схемных и конструктивно-технологических решений, в соответствии с используемой элементной базой. Базовой технологией является толстопленочная, как обеспечивающая большую удельную мощность рассеяния, особенно при изготовлении пленочных резисторов из паст на основе двуокиси рутения, рутената свинца, боридов неблагородных металлов. Конструктивное решение сводится к уменьшению тепловых сопротивлений корпусов элементов несущих конструкций подбором материалов с повышенной теплопроводностью и обеспечением хороших тепловых контактов этих элементов в цепи от подложки микроплат до внешней поверхности корпуса микроблока. Еще более эффективно использование специальных теплоотводящих устройств: теплоотводящих шин в сочетании с теплопроводной смазкой; наибольший эффект дает применение низкотемпературных тепловых трубок для отвода тепла от мощных тепловыделяющих элементов.

Для микроблоков повышенной мощности наиболее важно конструктивно обеспечить нормальный тепловой режим исходя из заданной плотности теплового потока на поверхности микроплат и локальных перегревов в зоне расположения активных элементов с низким КИД.

На рис. 2 показана конструкция микроблока, представляющего собой 3-каскадный микрополосковый усилитель гарантируемого диапазона, используемый для промежуточного усиления мощности в передающем устройстве и обеспечивающий на частоте 5 ГГц выходную мощность до 40 Вт. На рис. 2 в конструкции микроблока 1 – корпус; 2 – микроплата; 3 – усилитель; 4 – пластина из ковара; 5 – припой; 6 – низкочастотный гермоввод.

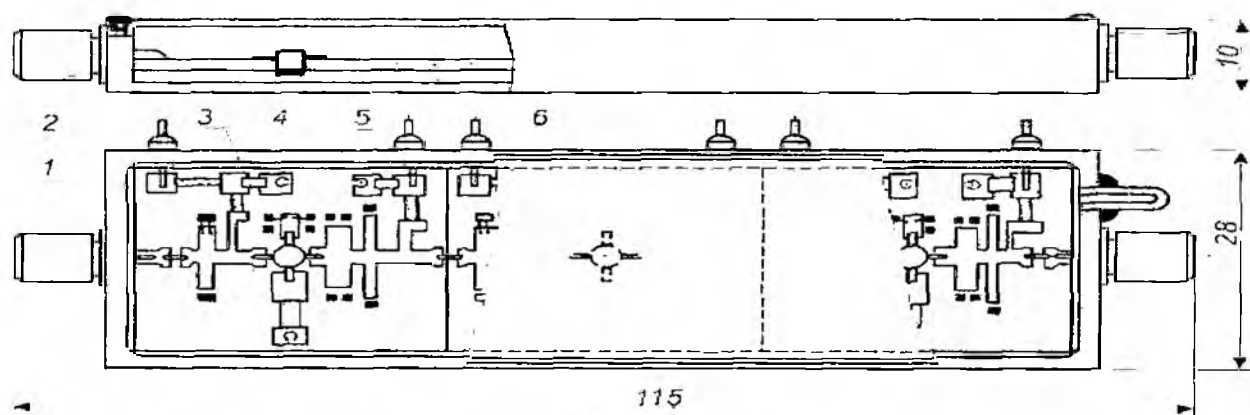


Рис. 2

Специфическим классом мощных микроблоков являются также источники вторичного электропитания и силовые устройства в микроисполнении, которые иногда используются как конструктивные варианты интегрированных силовых микросборок источников вторичного электропитания с выходной мощностью до сотен ватт.

### Микроблоки, конструктивно объединенные с исполнительными устройствами

Конструктивная и функциональная гибкость микроблоков используется в адаптируемых к сложным по геометрии посадочным местам, а также в микроблоках, конструктивно объединенных в одном модуле с исполнительными устройствами: оптико- и электромеханическими, индикаторными, приводными и датчиками. Преимущественная область использования: РЭА для летательных аппаратов, метеорологическая и скважная геологоразведочная, зондовая, переносная и носимая аппаратура [3].

На рис. 3 показана конструкция микроблока, позволяющего реализовать схемы большой элементности, например цифровую схему с числом определенных логических схем до 10000. Используется непосредственное объединение микроплат. При реализации схем с мощными выходными каскадами, располагаемыми на верхних ячейках, крышка микроблока является радиатором, совмещенным с батареей тепловых труб. При других назначениях микроблок может быть встроенным, выносным блоком или отдельным прибором, объединенным с исполнительным устройством, у которого несущей основой является верхняя крышка (цифровой индикатор, микропривод и т.п.). Конструкция технологична, ремонтпригодна, позволяет гибко сочетать микроблок с совмещаемым устройством: механическая прочность дает возможность использовать конструкцию данного типа в достаточно жестких условиях эксплуатации. На рис. 3: 1 – корпус; 2 – ось; 3 – зона навесной коммутации; 4 – компенсирующее колено; 5 – гнездо; 6 – компаунд; 7 – соединитель; 8 – штенгель; 9 – втулка; 10 – рама; 11 – микроплаты; 12 – головка; 13 – обойма; 14 – зона установки совмещаемого устройства.

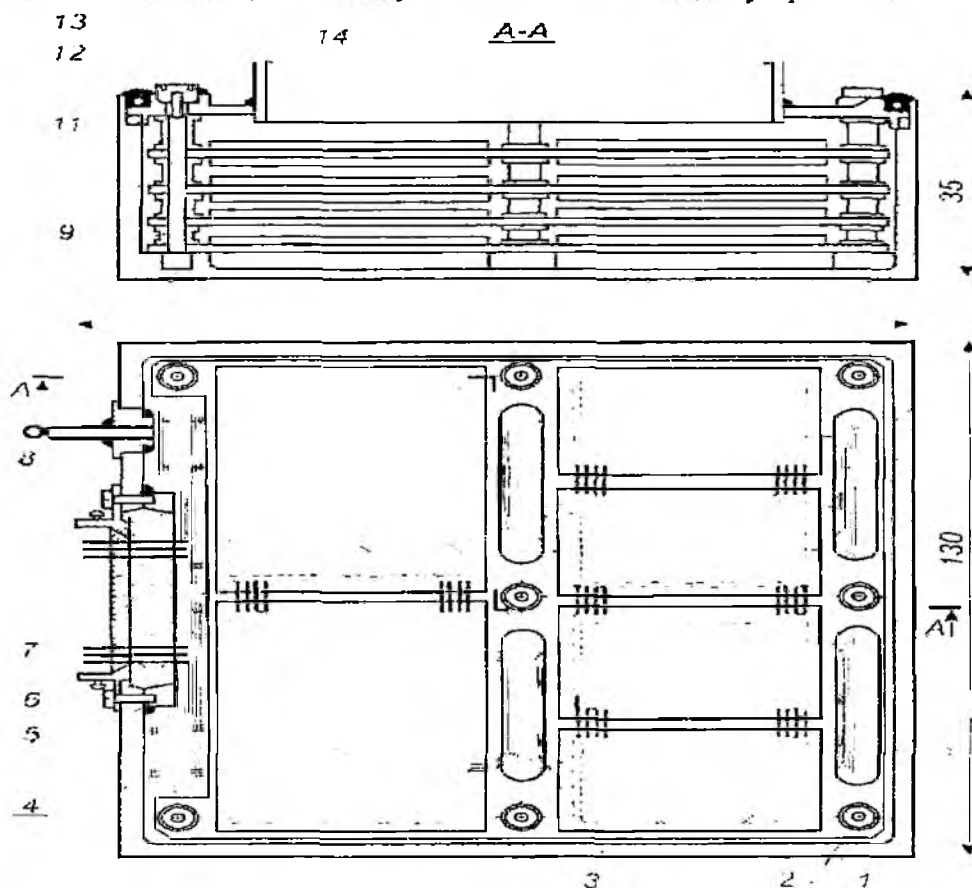


Рис. 3

Часто в конструкциях таких гибридных модулей, реализующих функциональную конструктивную гибкость, основным элементом несущей конструкции служит подложка – тепло отвод из ковара, что позволяет рассеивать мощность модуля от 80 Вт и использовать теплообменник и систему внешнего воздушного охлаждения без нарушения герметичности модуля. В качестве объединительной используется 6-10-слойная коммутационная печатная плата с высокой плотностью монтажа (рассеивание между пленочными элементами до 75 мкм); на плату нанесены утопленные толстопленочные резисторы и устанавливаются бескорпусные микросхемы и БИС (до 100 кристаллов с числом выводов до 300), а также матрицы микросхем на миниатюрных лентах-носителях [4].

Для встраиваемой РЭА малогабаритных изделий требуются конструкции микроблоков с высокой адаптацией к посадочным местам (возможные варианты исполнения показаны на рис. 4).

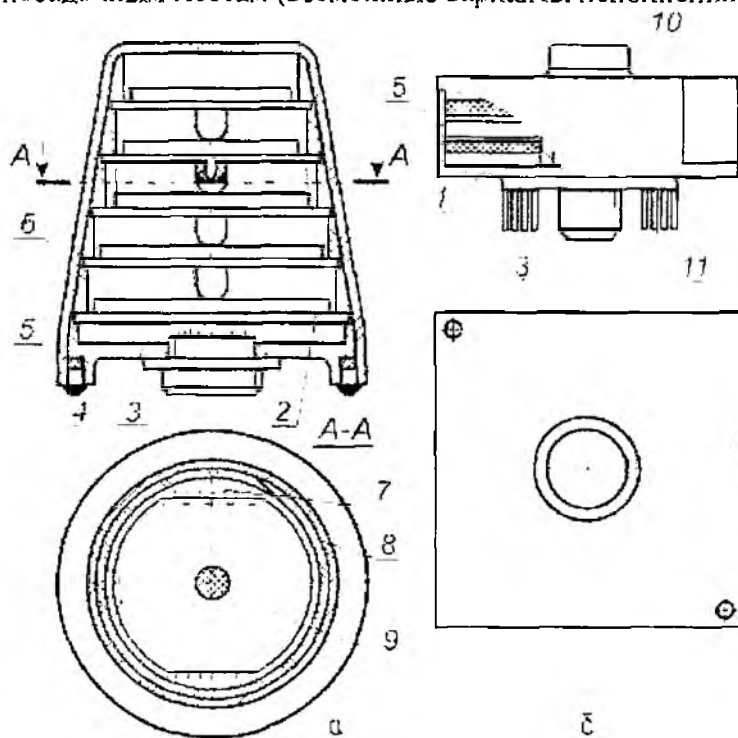


Рис. 4

На рис. 4: *а* – микроблок конусной конструкции; *б* – микроблок с интегральным излучателем; 1 – и 2 – микроплаты; 3 – гермоввод; 4 – коммутационная зона; 5 – кожух; 6 – основание микроплаты; 7 – вертикальные коммутационные шины; 8 – кольцо-упор; 9 – фиксатор-ограничитель; 10 – интегральный излучатель; 11 – радиатор.

Одновременно к конструкциям высокоадаптированных микроблоков предъявляются повышенные требования по механической прочности, устойчивости к динамическим воздействиям. Одним из основных факторов надежной работы данных микроблоков является правильный учет направлений действия вибро- и ударных нагрузок при компоновке микроплат в объеме микроблока.

#### Микроблоки РЭА для жестких условий эксплуатации

Типичными конструкциями микроблоков для РЭА с жесткими условиями эксплуатации являются, в большинстве случаев, рассмотренные выше микроблоки с одновременными ограничениями на конфигурацию посадочного места. Наиболее жесткие требования в данной совокупности предъявляются к РЭА, устанавливаемой на летательных аппаратах; еще более они ужесточаются для аппаратуры, подвергающейся воздействию значительных ускорений. Требуется строго выверенное конструктивное решение при одновременном учете больших динамических воздействий и сложных конфигураций посадочных мест при ограниченном полезном объеме.

Существенным требованием для микроблоков в составе изделий, находящихся до 20 лет в состоянии хранения (бездействия), является сохранение работоспособности и надежности к моменту начала функционирования, что достигается конструктивными решениями: надежная герметичность внешних соединителей, качественный внутриблочный монтаж, исключение применения в микроблоках полимерных материалов. Немаловажное значение при схемотехническом проектировании микроблоков имеет выбор оптимальных технологических решений и элементной базы, особенно бескорпусной [5].

Имеется аппаратура, работающая в специфических жестких условиях, для которых конструктивное исполнение в виде микроблоков является единственно возможным, например аппаратура для нефтегазовой разведки, применяющаяся в условиях глубинных скважин. Наряду со сложной конфигурацией посадочных мест и ограниченным полезным объемом возникает ряд специфических требований. Например, для каротажа глубинных скважин, где температура достигает  $250...300^{\circ}\text{C}$ , требуется аппаратура, к элементам и монтажу которой предъявляются требования нормального функционирования при температурах до  $300...350^{\circ}\text{C}$ . Для такой аппаратуры непригодна обычно используемая элементная база, поэтому требуются высокотемпературные активные элементы. Сложными задачами являются предотвращение электромиграций (разъединение металлических межсоединений с ростом рабочей температуры) и обеспечение адгезионной устойчивости тонкопленочных слоев металлизации.

### **Выводы**

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Высокая эксплуатационная надежность микроблоков специального назначения достигается герметизацией и устойчивостью к механическим воздействиям за счет упрочнения несущей конструкции при приемлемом коэффициенте дезинтеграции внутреннего объема микроблока.

2. При реализации конструктивных решений микроблоков повышенной мощности особое внимание уделяется удельной мощности рассеяния при повышенной плотности компоновки ЭРЭ. При этом базовой технологией является толстопленочная.

3. В конструкциях микроблоков, конструктивно объединенных с исполнительными устройствами основным элементом несущей конструкции является подложка – теплоотвод из ковара, что позволяет рассеивать мощность модуля до  $80\text{ Вт}$  и использовать теплообменник и систему внешнего воздушного охлаждения без нарушения герметичности модуля.

4. Для микроблоков РЭА, предназначенных для работы в жестких условиях эксплуатации, особое внимание уделяется надежной герметичности внешних соединителей, качественному внутриблочному монтажу, исключению применения в микроблоках полимерных материалов, выбору оптимальных технологических решений и элементной базы, особенно бескорпусной.

**Список литературы:** 1. Яшин А.А. Расчет неоднородной структуры с внутренней круговой областью при проектировании интегральных микроустройств // Изв. Вузov СССР. Радиотехника. 1982. Т. 25, № 11. С. 31-36. 2. Яшин А.А. Алгоритмы расчета интегрированных схем // Радиотехника. 1983. Т. 38, № 3. С.3-9. 3. Яшин А.А. Расчет сопротивления пленочного резистора с переменной шириной методом приближенного конформного отображения // Радиотехника. 1974. Т.29, № 9. С.79-85. 4. Арефьев В.А., Алексеев В.А., Фуртина Л.А. и др. Опыт разработки низкотемпературной трубы для обеспечения теплового режима РЭА // Вопросы радиотехники. Сер. ТРТО. 1982. Вып. 1. С. 27-37. 5. Котух В.Г. Экспериментальные исследования технологических режимов герметизации корпусов микроблоков радиоэлектронной аппаратуры // Технология приборостроения. 1998. № 1. С. 30-34.

*Харьковский национальный  
университет радиотехники*

*Поступила в редколлегию 15.06.2008*